

Dr. Alexander Luchinskiy
Gymnasialstr. 11
D - 55543 Bad Kreuznach
Germany

2800
RECEIVED
16.07.02
JUL 30 2002

TECHNOLOGY CENTER 28004

3 pages;
4 enclosures,

8 pages in enclosures.

In all: 11 pages.

2834
8/Letter
Hawkins
8/6/02

United States Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231
Fax.: (1-703) 305 32 30

Conc.: PCT /DE 99/03389; US application number 09/830,017; filing date 07/27/2001.

Dear Sirs,

as we known, we should inform USPTO about the patent granting process outside of USPTO for this invention. We are doing it in this letter.

I. PCT-Process:

- 1) 22.03.2000 was received the International Search Report in PCT-process. Search was made by the European Patent Office in the order of World Intellectual Property Organisation (WIPO) for our PCT application PCT /DE 99/03389. Search showed the absence of documents, which can be oppose to this invention and therefore all search result documents were classified with "A" category as "documents defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance". (International Search Report – enclosure 1. It was already sent in the USPTO before, together with the US-application).
- 2) 20.12.00 was received positive expert decision in the PCT-process. Expertise was positive for all 6 claims due to all 3 criteria (novelty, inventability, industrial applicability). (Copy of the sheet 3 - enclosure 2. Complete textform (4 sheets) was already sent to the USPTO before, together with the US-application).

II. European Patent granting process

- 1) 13.11.2001 was received a positive expert decision from the European patent office (for the 25 European countries - EPU-members), and was asked for our confirmation for spelling our Names and for European patent publication text. (Notification due to rule 51(4) EPU- enclosure 3).
- 2) 18.03.02 was received the demand to pay a patent granting fee for the patent document granting.
Except there was send the information how to send translations into the national EPU offices, where the validity of the patent will come into force automatically due to the European patent document. (Notification due to rule 51(6) EPU- enclosure 4).
Therewith the invention processing by European patent office is over and patent document will be send soon.

We should also explain, why we have send you the correction to the text.

1) There was **one language error** in the English translation. Instead of true **"heat pipe"** the German term **"Wärmerohr"** was translated wrong by translator as a **"heat tube"**. It is important, because there is no technical term **"heat tube"**. Contrary, the term **"heat pipe"** has definite technical meaning, and we have used this meaning in claims wording.

In our description of invention is explained, that a strong, high velocity gas stream can be obtained **inside** of a heat pipe, in it's transport zone, between two chambers- vaporizer and condenser. The high velocity gas flow can be obtained this way not only for high, but also for low temperature differences. Therefore it is very effective to convert this way the **sun** or **hit** energy into the **kinetic** energy of the gas flow.

2) We would like to **insert the information** about the US 3 518 461 in the **"Background"-part** of our description. (In our European application we have done this insertion too). Although this US 3 518 461 is classified with **"A"** category in the International Search Report, we want have this reference in our description because it shows very detailed that it is possible to convert the kinetic energy of the gas flow into the electrical energy with the help of an electrostatic generator very effective. And therefore we can use this reference instead of the all-round proving of this fact in our own description.

But the US 3 518 461 do not give a technical solution how to create this gas flow, where from to take the energy for this gas flow, and how to convert the sun energy or the heat energy into this gas flow energy. Later the authors of this invention have used for solving of this problem the energy of wind (s. US 4 206 396 in the Int. Search Report).

In the characteristic part of the claim 1 our solution is defined, that steps, which are realised in electrostatic generators, (and in particular in US 3 518 461), **"...are carried out within the inside volume of a heat pipe, charge separation and charge displacement taking place using the directed gas flow of the heat pipe, which flow entrains one working medium and routes it past the other working medium for charge separation and displacement."**

Therewith the solution how to convert sun or heat energy into the electrical energy through it's effective intermediate converting into the kinetic energy of a gas flow **inside** of a heat pipe is given in our invention.

(The insertion was done in the form:

"A method is known for converting kinetic energy of a gas flow into the electrical energy by displacement of pulverised electrically charged liquid particles with the energy of this carrier gas. (US 3 518 461 A).

The described method do not give the technical solution for the problems how to create the flow of this carrier gas, where the energy for this gas flow can be taken from, and how to convert the sun energy or the heat energy into this gas flow energy." (s. "Background"))).

Information about changes or amendments in the text.
(except the language errors correction)

- 1) The above mentioned insertion in the **"Background"-part**.
- 2) We have insert cipher references to drafts into the claims (f.e. **"heat pipe (1)"** instead of **"heat pipe"**).

We have not made any other changes in the text of description or claims in comparison to the initial text of the invention.

Thus in the everything else the US application and the European application are identical to the priority German application 198 48 852.1 and to the PCT application. (All these materials were send to the USPTO together with the US-application).

Respectfully,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alexander Luchinskiy', with a stylized flourish at the end.

Alexander Luchinskiy

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 99/03389

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H02N3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 518 461 A (MARKS ALVIN M) 30 June 1970 (1970-06-30)	
A	US 4 433 248 A (MARKS ALVIN M) 21 February 1984 (1984-02-21)	
A	US 4 206 396 A (MARKS ALVIN M) 3 June 1980 (1980-06-03)	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 March 2000

Date of mailing of the international search report

22/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramos, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/03389

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3518461	A	30-06-1970	NONE	
US 4433248	A	21-02-1984	NONE	
US 4206396	A	03-06-1980	NONE	

Enclosure 2

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/03389

- ☐ Beschreibung, Seiten:
☐ Ansprüche, Nr.:
☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-6
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-6
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-6
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

Enclosure 5



✉ EPA/EPO/OED
D-80298 München
+49 89 2399-0
TX 523 656 epmu d
FAX +49 89 2399-4465

Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Generaldirektion 2

Directorate General 2

Direction Générale 2

Luchinskiy, Alexander
Gymnasialstrasse 11
55543 Bad Kreuznach
ALLEMAGNE



Datum/Date

13.11.01

Zeichen/Ref./Réf.

Anmeldung Nr./Application No./Demande n°/Patent Nr./Patent No./Brevet n°
99957932.9-2207/DE9903389

Anmelder/Applicant/Demandeur/Patentinhaber/Proprietor/Titulaire

Luchinskiy, Alexander, et al

MITTEILUNG GEMÄSS REGEL 51(4) EPÜ

Hiermit wird Ihnen mitgeteilt, dass die Prüfungsabteilung beabsichtigt, ein europäisches Patent auf der Grundlage der oben genannten europäischen Patentanmeldung in der sich aus der Anlage (EPA Form 2035.3: Unterlagen für die Patenterteilung) ergebenden Fassung zu erteilen.

In der Anlage erhalten Sie eine Kopie der in EPA Form 2035.3 genannten Unterlagen.

Die Bezeichnung der Erfindung in den drei Amtssprachen des Europäischen Patentamtes, die internationale Patentklassifikation, die benannten Vertragsstaaten und der registrierte Name des Anmelders sind der Anlage (EPA Form 2056) zu entnehmen.

Sie werden aufgefordert, innerhalb einer FRIST VON VIER MONATEN, gerechnet von der Zustellung dieser Mitteilung, Ihr Einverständnis mit der mitgeteilten Fassung zu erklären. Teilen Sie ihr Einverständnis nicht rechtzeitig mit, so wird die europäische Patentanmeldung vorbehaltlich der Bestimmungen der Regel 51(5) EPÜ Satz 2 nach Artikel 97(1) EPÜ zurückgewiesen.

Die Einreichung einer Teilanmeldung ist nur bis zur Erklärung des Einverständnisses zu dieser Mitteilung möglich (Regel 25(1) EPÜ). Zur Möglichkeit eines Antrags auf beschleunigte Erteilung gemäss Artikel 97(6) EPÜ siehe ABl. EPA 1997, 340.

Wegen der Berücksichtigung von Änderungsvorschlägen und der Einreichung eines gesonderten Anspruchssatzes für einen oder mehrere benannte Vertragsstaaten mit einem Vorbehalt nach Artikel 167(2) a) EPÜ nach Zustellung dieser Mitteilung wird auf die Richtlinien für die Prüfung im EPA, C-VI 4.8 - 4.10 und C-VI, 15.1.2 - 15.1.4 hingewiesen.

Ist die nach Artikel 88(1) EPÜ erforderliche Übersetzung des Prioritätsbelegs oder die Erklärung gemäss Regel 38(5) EPÜ noch nicht eingereicht,

.. /2

Europäisches
PatentamtEuropean
Patent OfficeOffice européen
des brevets

13.11.01

so ist sie spätestens bis zum Ablauf der in Regel 38(5) EPÜ genannten Frist einzureichen.

Für die Prüfungsabteilung:

H. Looijen
Tel. No.: (+49-89) 2399-2613

Anlagen: EPA Form 2035.3, EPA-Form 2056, *1.0* Kopien der Unterlagen

WICHTIGE ÄNDERUNG: Ab dem 01.01.2002 sind die an das Amt zu zahlenden Gebühren in Euro zu entrichten (siehe ABl. EPA 8-9/2001, S. 377 ff).

Anmeldung Nr./Application No./Demande n°./Patent Nr./Patent No./Brevet n°.	Blatt/Page/Feuille
99957932.9 Einschreiben	2

☐ EPA/EPO/OEB
D-80298 München
+49 89 2399-0
TX 523 656 epmu d
FAX +49 89 2399-4485

Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Generaldirektion 2

Directorate General 2

Direction Générale 2

Luchinskiy, Alexander
Gymnasialstrasse 11
55543 Bad Kreuznach
ALLEMAGNE



Datum/Date

18.03.02

Zeichen/Ref./Réf.

Anmeldung Nr./Application No./Demande n°/Patent Nr./Patent No./Brevet n°.

99957932.9-2207/DE9903389

Anmelder/Applicant/Demandeur/Patentinhaber/Proprietor/Titulaire

Luchinskiy, Alexander, et al

MITTEILUNG GEMÄSS REGEL 51(6) EPÜ

Auf die Mitteilung gemäss Regel 51 (4) EPÜ vom 13.11.01

ist Ihre Einverständniserklärung mit der mitgeteilten Fassung
rechtzeitig eingegangen.

Soweit Sie den nachstehend genannten Erfordernissen nicht bereits nach-
gekommen sind, werden Sie nunmehr aufgefordert, innerhalb einer nicht
verlängerbaren Frist von d r e i Monaten, gerechnet von der Zustellung
dieser Mitteilung an,

1. eine Übersetzung des Patentanspruchs/der Patentansprüche in den
beiden anderen Amtssprachen des Europäischen Patentamts zweifach
einzureichen;

EUR

- 2a. die Erteilungsgebühr einschliesslich der
Druckkostengebühr bis höchstens 35 Seiten
zu entrichten;

Kennziffer 007 715.00

- 2b. die Druckkostengebühr für die 36. Seite und
jede weitere Seite zu entrichten;
Anzahl der Seiten: 0

Kennziffer 008 0.00

3. die Anspruchsgebühr(en) zu entrichten
(Regel 51(7) EPÜ); Zahl der zu entrichtenden
Anspruchsgebühren: 0

Kennziffer 016 0.00

Gesamtbetrag 715.00

EINSCHREIBEN

Europäisches
PatentamtEuropean
Patent OfficeOffice européen
des brevets

Bei allen Zahlungsarten wird gebeten EPA Form 1010 zu benutzen oder die Kennziffer(n) der Gebühr(en) anzugeben.

Werden zusätzliche Kopien der Patentschrift benötigt, wird gebeten, dies schriftlich zu beantragen und bei Bezahlung die Gebührenkennziffer 0 5 8 anzugeben.

Werden die Erteilungsgebühr, die Druckkostengebühr oder die Anspruchsgebühr nicht rechtzeitig entrichtet oder wird die Übersetzung nicht rechtzeitig eingereicht, so gilt die europäische Patentanmeldung als zurückgenommen (Regel 51(8) EPÜ).

Hinweis auf die Entrichtung der Jahresgebühren

Wird eine Jahresgebühr nach Zustellung dieser Aufforderung und vor dem vorgesehenen Tag der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents fällig (Regel 37(1) EPÜ), so wird der Hinweis erst bekanntgemacht, wenn die Jahresgebühr und gegebenenfalls die Zuschlagsgebühr entrichtet ist (Regel 51(9) EPÜ).

Jahresgebühren sind nach Artikel 86(4) EPÜ bis zu dem Jahr fällig und an das Europäische Patentamt zu entrichten, in dem der Hinweis auf die Erteilung des europäischen Patents bekanntgemacht wird.

Einreichung von Übersetzungen in den Vertragsstaaten

Folgende von Ihnen benannte Vertragsstaaten verlangen gemäss Artikel 65(1) EPÜ eine Übersetzung der europäischen Patentschrift in ihre/eine ihrer Amtssprachen (Regel 51(10) EPÜ), s o f e r n diese Patentschrift nicht in ihrer/einer ihrer Amtssprachen veröffentlicht wird

- innerhalb von d r e i Monaten nach Bekanntmachung des vorgenannten Hinweises auf die Erteilung:

AT OESTERREICH
BE BELGIEN
CH SCHWEIZ/LIECHTENSTEIN
CY ZYPERN
DE DEUTSCHLAND
DK DAENEMARK
ES SPANIEN
FI FINNLAND
FR FRANKREICH
GB VEREINIGTES KOENIGREICH
GR GRIECHENLAND
IT ITALIEN
NL NIEDERLANDE
PT PORTUGAL

Anmeldung Nr./Application No./Demande n°//Patent Nr./Patent No./Brevet n°	Blatt/Page/Feuille
99957932.9	2

Europäisches
PatentamtEuropean
Patent OfficeOffice européen
des brevets

SE SCHWEDEN

- innerhalb von **s e c h s** Monaten nach Bekanntmachung des vorgenannten Hinweises auf die Erteilung:

IE IRLAND

Der Tag der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt wird aus dem Erteilungsbeschluss (EPA-Form-2006) zu-ersehen-sein.

Im Falle einer wirksamen Erstreckung verlangen folgende Erstreckungsstaaten innerhalb von **d r e i** Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents eine Übersetzung der PATENTANSPRÜCHE in ihre Amtssprache:

AL ALBANIEN

LT LITAUEN

LV LETTLAND

MK MAZEDONIEN

RO RUMÄNIEN (verlangt Übersetzung der Patentschrift)

SI SLOWENIEN

Die Einreichung der Übersetzung an die nationalen Ämter der Vertrags- oder Erstreckungsstaaten hat gemäss den hierfür im jeweiligen Staat geltenden Vorschriften zu erfolgen. Nähere Einzelheiten (z. B. Bestellung eines Inlandsvertreters oder Nennung einer inländischen Zustellschrift) können der Informationsbroschüre "Nationales Recht zum EPÜ" und den ergänzenden Informationen im Amtsblatt des EPA entnommen werden.

Wird die bei den Vertragsstaaten und bei den Erstreckungsstaaten einzureichende Übersetzung nicht fristgerecht und vorschriftsmässig eingereicht, kann dies zur Folge haben, dass die Wirkung des Patents in dem betreffenden Staat als von Anfang an nicht eingetreten gilt.

Hinweis für die Teilnehmer am automatischen Abbuchungsverfahren:

Die Gebühr wird / Die Gebühren werden am letzten Tag der Zahlungsfrist automatisch abgebucht, falls dem EPA nicht bis zu diesem Zeitpunkt eine gegenteilige Erklärung zugegangen ist. Näheres siehe Vorschriften über das automatische Abbuchungsverfahren (vgl. Beilage zum ABl. EPA 2/1999; ABl. EPA 2000, 62).

Für die Prüfungsabteilung:

GARVEY R N

Tel. No.: (+49-89) 2399-2271

NB: Falls die Übersetzung der früheren Anmeldung (Regel 38(5) und EPÜ) noch nicht eingereicht wurde, wird Form 2530 getrennt übersandt.



Anmeldung Nr./Application No./Demande n°//Patent Nr./Patent No./Brevet n°

99957932.9

Blatt/feuille

3

*** RX REPORT ***

RECEPTION OK

TX/RX NO	9879
CONNECTION TEL	+49 671 35594
SUBADDRESS	
CONNECTION ID	
ST. TIME	07/16 09:18
USAGE T	09'07
PGS.	11
RESULT	OK



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Urkunde Certificate Certificat

Es wird hiermit bescheinigt, daß für die in der beigefügten Patentschrift beschriebene Erfindung ein europäisches Patent für die in der Patentschrift bezeichneten Vertragsstaaten erteilt worden ist.

It is hereby certified that a European patent has been granted in respect of the invention described in the annexed patent specification for the Contracting States designated in the specification.

il est certifié qu'un brevet européen a été délivré pour l'invention décrite dans le fascicule de brevet ci-joint, pour les Etats contractants désignés dans le fascicule de brevet

Europäisches Patent Nr.

European Patent No.

Brevet européen n°

1123578

Patentinhaber

Proprietor of the Patent

Titulaire du brevet

Luchinskiy, Alexander
Gymnasialstrasse 11
55543 Bad Kreuznach/DE

Werth, Günther
Carl-Orff-Strasse 37
55127 Mainz/DE

Shifrin, Yakov
Apartment 80, Kosmicheskaya Strasse 4
Charkow 310145/UA

München, den
Munich,
Paris à Munich, le

28.08.02

EPA/EPC/OEB Form 2031 01/96

Ingo Kober

Präsident des Europäischen Patentamts
President of the European Patent Office
Président de l'Office européen des brevets

Mr. Nicholas Ponomarenko,
Primary Examiner
Technology Center 2800
United States Patent and Trademark Office
Washington, DC, 20231

Concern: Non-Final Decision for Application Number 09/830,017

Title: Method for producing electrical energy

Inventors/applicants: Dr. A. Luchinskiy, Prof. Dr. G. Werth, Prof. Dr. Y. Shifrin

Amended Title: **ELECTROGASDYNAMIC METHOD FOR GENERATION
ELECTRICAL ENERGY**

PCT /DE 99/03389

US filing date 07/27/2001

Dear Mr. Ponomarenko,

I thank you very much for your examination.

According to your requirements the following amendments were done:

AMENDMENTS :

Amendment 1):

The main amendment is a correction of the principle language translation error:

German term **“Wärmerohr”** was wrong translated as “heat tube”, which word-combination has not technical meaning. And as a result the technical sense of the description was lost at all. Because the term **“Wärmerohr”**(engl.: “heat pipe”, rus.: “тепловая труба”) has the absolutely definite and the same in all countries technical meaning, which determines the sense of description of our invention and lays in the grounds of the claims.

As a proof, that the question in point is a language error by the translation of this technical term, and therefore no new matter was introduced by this amendment (term correction), the following papers are enclosed:

- 1) Articles from one general encyclopaedia (**Enclosure 1**), and from one special technical encyclopaedia (**Enclosure 2**), where the term **“Wärmerohr”** (“heat pipe”) is completely determined, and near the German term it's English translation is showed in brackets.
- 2) Copy of article from a Russian-edited translation from the US reference book with the same translation and meaning of this term (heat pipe = тепловая труба = Wärmerohr), which also proofs the international uniformity of this term and it's meaning. (**Enclosure 3**).

- 3) Our European patent for this invention (**Enclosure 4**), which contains both German and English terms.

By making this correction the following misunderstandings by reading of the invention's description (not-amended text) should be removed:

1) Because the term "heat pipe" is completely determined both in general encyclopaedias and in special reference books (s. Enclosures 1-3), and this term has the definite and the same in all countries technical meaning, we have not quoted the complete explanation description of the meaning of this term in the description of our invention.

2) In particular such properties as **effective workingability already by low temperature differences**, and the possibility to obtain a **high velocity gas stream** were explained in our previous (not amended) description with the reference on the term "heat pipe", without a detailed explanation how a heat pipe works.

3) In the amended description we are inserting the reference to one US reference book with it's description (s. above-mentioned Enclosure 3).

4) Except we are inserting into the amended description the short principal explanation (in "Brief Summary"-section) and detailed explanation (in Detailed Description"- section) of the main physical and technical principles of work of the heat pipes.

5) Namely:

the fact that evaporation and condensation on capillary structures run very intensively in comparison with these processes on a liquid's free surfaces;

the fact that these two phasetransfer processes, which are proceed with different signs, and are explosive/implosive-like (e.g. characterized by sharp increase and decrease of the volume of the working medium) by its features, take place simultaneously and uninterruptedly in a closed space and in immediate proximity of each other. This leads to formation of a high speed gas flow from the vaporizer into the condenser. And it takes place already by low temperature difference;

6)

Thus, the first and the main amendment is replacing of words "**heat tube**" with the term "**heat pipe**"

Amendment 2):

In **Claim 1** the word "**here**" (Germ. "wobei", s. Germ.-langu. WIPO publication and European patent) was loss by translator in the English translation. We are restoring this word, but it does not important.

Therewith the phrase: "... *the external forces performing work against the Coulomb force;*..." is replaced with the phrase "...**here** *the external forces performing work against the Coulomb force;*...)"

Amendment 3):

We are wording the **Claim 2** more exactly and therefore more narrow particular in comparison to the WIPO-PCT publication and to the European patent. By doing so the claimed by Claim 2 matter is formally reduced in comparison to WIPO publication and

European patent, but the content of description becomes more understandable. We do not see a problem in this patented matter reducing, because the combination of all claims covered everything we need anyway.

The fact, that heat pipe in our case has a necked down section in it's transport zone, and generator's liquid working medium is entrained in this narrow, is supported both by the patent description's not-amended text (in several places) and by all of 3 Figures.

Amendment 4):

Title of invention was amended according to the requirement, named in the decision.

Other amendments due to your requirements are shown below in the table.

ABOUT THE EXISTING SOLUTIONS :

The US- 5.185.541, US-3.651.354, US- 3.638.054; US-3.612.923; US- 3.582.694; US- 3.225.225, indicated in the "Notice of References Cited" from your Decision, as well also US 5.184.461 A, etc. from the PCT International Search Report can not be opposed to our invention, because all of them describes the different constructions of a liquid-drops electrostatic generator, which working media are charged liquid drops, and the source of energy is a mechanical energy of some kind of stream of carrier gas. (And besides it does not matter, wherefrom this stream of carrier gas takes it's mechanical energy).

So of these inventions give a technical solution for the problems how to create the high speed flow of this carrier gas, where the energy for this gas flow can be taken from, and how to convert the sun energy or the heat energy already by low temperature differences into this high speed gas flow energy.

And in our invention we are using the Heat Pipe principle for the creation of a high speed carrier gas for the gasdynamic electrostatic generator, and we are executing the "...charges separation, displacement and there guiding onto electrodes, etc...", that is the electrostatic generation, by the energy of this gas stream. And it is the matter of our invention.

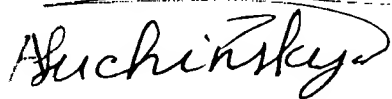
(With other words the electrostatic generator's liquid 7 is supplied into the interior of a heat pipe, concretely into it's transport zone, charge separation and the further charge displacement, as well there guiding onto electrodes are carried out by the gas stream of this heat pipe, which stream flows through this transport zone with a big speed.)

Our solution gives the possibility to use effectively the sun energy as an energy source for the liquid-drops electrostatic generators. And it also gives the possibility to use the heat energy as an energy source for the liquid-drops electrostatic generators already by low temperature differences. Because heat pipe gives the possibility to convert these above mentioned kinds of energies into the energy of it's own **high speed gas stream** very effective (no other known methods can be used so effective for the creating of high speed gas stream by the energy from the a.m sources); and therefore the further operation step: drive of electrostatic generator with this gas stream is very effective.

It is necessary to note, that nobody from the authors of the above-mentioned generators, had not given a solution, how **to create** a high velocity gas stream for there generators by using of

an energy or of heat energy already by low temperature differences. Authors of the US 3 518 461 A (s. PCT International Search Report) in there later solutions (4 433 248 A, US 4 206 096 A) had to use an energy of wind for this purpose. (By the way, they are citing US 3 225.225 in there invention, but nevertheless had to use wind. Because US 3.225.225 (electrostatic generator with heat source) do not give solution for low temperature differences and therefore for renewable heat energy sources).

Respectfully,

A handwritten signature in cursive script, reading "A. Luchinskiy", with a horizontal line drawn above it.

Alexander Luchinskiy

Next sheets : 1) Table of amendments; 2) Not-amended details.

Content of amendment

CLAIMS : (detailed s. above in the covering letter)

DRAWINGS :

Orientation in the gravitational field for the Fig. 1 is showed.
Requirement from page 2 of the Not-final decision)



DESCRIPTION :

The **format** of the description was changed.
The description was rewritten in the **US patent format** instead of German patent format)

Proof that no new matter was introduced by this amendment

- 1) The translation's language errors were corrected (the most important main amendment);
- 2) Claim 2 was reworded more exact (explanation why no new matter was therewith inserted, is given above in the covering letter.

In the Fig.1 was assumed, that the vertical direction in the picture is vertical in reality, i.e. the same with the direction of the gravitational field. Except the surface of liquid 7 is horizontal in the picture, and it proves, that no any other directions could not be assumed as a direction of gravitational field.

The original description of the invention was written in German format, exactly due to the German patent office requirements. Both WIPO and European patent office accept this format, therefore WIPO publication and the European patent were published in German format too.
The amended text is rewritten in USPTO format, and more exact, according to requirements, which were explained in the expertise decision.

The amended description either explains more detailed the already known matter from cited sources, or presents the already described before matter in the US patent format. Therefore no new matter was inserted.

NOT-AMENDED DETAILS:

1) Capillary structure in the drawings.

In fact the capillary structure of the heat pipe **was showed in the drawings as a shaded cross-section 5.**

By the way, the fact, that the loop 10 also is filled with a capillary structure (for the generator liquid transport in cases Fig. 2 and Fig 3), was indicated in the not-amended description too. Thus, all shaded cross-sections in the drawings showed capillary structures, but not walls, and it was supported with the text before it's amending).

2) Phrase "or the like" in the claim 1.

This phrase never existed neither in German-language's PCT publication and German priority document, nor in English- translated claims in the European patent publication. Obviously the case in point is a translation's misunderstanding in the US application.

3) Source for generator's liquid.

There is no source for generator's liquid 7, because this liquid is contained and circulated in the loop 10.

In the our method realisation's examples this liquid is entrained into the gas flow as in a usual pulverizer (sprayer), that is due to Bernoulli effect. We think it could be wrong to explain it in the description of invention more detailed, because such method of liquid entraining is widely known; and it is also used very widely (as f.e. for perfume sprayers, paint sprayers, etc.). Therefore everything is obvious from the drawings. And on the other hand it is unrelated to the claimed matter of our invention, because the way for generator liquid entraining is not important for this claimed matter.

In our description we had not a purpose to develop the new constructions of electrostatic generators unrelated to it's energy source. We have described several simplest general examples of such kind of generators to illustrate how works our method. In one of them electrical charges are created by friction of generator's liquid 7 and solid working medium 6; in the other of them electrical charges are created by the liquid 7 striking the medium 6.

But in all of them the generator's liquid 7 is supplied into the interior of a heat pipe, concretely into it's transport zone, charge separation and the further charge displacement, as well there guiding onto electrodes are carried out by the gas stream of this heat pipe, which stream flows through this transport zone with a big speed.

ENCLOSURE 1

Hebr

gegründet durch sensationelle Aufmachung, geschickte Werbung, hoch bezahlte Journalisten.

Hearst-Insel [*h'arst-*], engl. *Hearst Island* [*'arland*], vorgelagerte Insel der W-Antarktis im W der Weddell-See, 1928 von H. W. Williams entdeckt.

Heartfield [*h'artfild*], John, eigtl. Helmut Herzfeld, Grafiker und Bildpublizist, Schmargendorf bei Berlin 19. 6. 1891, † Berlin (Ost) 26. 4. 1968, Mitgründer und Illustrator der Zeitschriften der Berliner Dada-Gruppe und Antikriegspublizistik, erweiterte die Photomontage zum Mittel der politischen Karikatur.

Health [*hi:θ*], Edward, brit. Politiker (Konservativer), * Broadstairs 9. 7. 1916; zw. 1959 und 1964 Min., 1965-75 Führer der Konservativen im Unterhaus, setzte als Premiermin. (1970-74) den Beitritt seines Landes in die EG durch; sein Versuch, das Gewerkschaftswesen zu reformieren, scheiterte am Widerstand der Gewerkschaften. - 1963 erhielt H. den - Karlspreis.

Heat Pipes [*hi:t paipz*, engl.] Pl., Wärmeröhre, Vorrichtung für den Wärmetransport. Schon bei geringen Temperaturunterschieden zw. den Enden der in sich geschlossenen H. P. werden relativ große Wärmemengen geleitet. H. P. sind teilvakuuierte Metallröhren, deren Innenwänden mit einer porösen Schicht mit Kapillärstruktur ausgekleidet sind. Am wärmeren Rohrende verdunstet die Flüssigkeit und nimmt dabei Verdampfungswärme auf. Am kühleren Ende kondensiert sie und gibt die Verdampfungswärme ab. Durch die Kapillärwirkung der Oberflächen-schicht fließt das Kondensat wieder zum wärmeren Rohrende zurück.

Heaviside [*h'evisaid*], Oliver, brit. Physiker, * London 18. 1. 1850, † Torquay (Devon) 3. 2. 1925, Privatgelehrter; wichtige Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrostatik und der elektromagnetischen Induktion, entwickelte die heutige Form der Vektoren- und Operatorrechnung, führte gleichzeitig mit A. E. Kennelly (1881, 1939) die Ausbreitung elektr. Wellen um die Erde auf das Vorhandensein einer hochliegenden ionisierten Schicht der Atmosphäre (Kennelly-H.-Schicht) zurück.

Hebammen, staatlich geprüfte und anerkannte, an einer Hebammenlehranstalt (3 Jahre) ausgebildete Geburtshelferinnen. Neben Beratung während der Schwangerschaft und Hilfe bei der Entbindung pflegt sie Mutter und Kind in den ersten Tagen des Wochenbetts. H. können in freier Praxis oder als Anstalts-H. tätig sein. Nach § 18 der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für Hebammen (1988) werden auch Männer (Entbindungspfleger) für den Beruf der H. zugelassen.

Hebbel, Friedrich, Dichter, * Wesselburen in Dithmarschen 18. 3. 1813, † Wien 13. 12. 1863, Sohn eines Maurers, autodidakt. Studien in Hamburg, unterstützt von Elise Lensing; studierte dann 1841 in Heidelberg und München; nach einem 2. Aufenthalt in Hamburg und größeren Reisen seit 1845 in Wien, seit 1846 mit der Hofschauspielerin Christine Enghaus. H. bewahrte den strengen Geist der Tragödie, nahm aber bereits viele Züge des modernen Theaters (Strindberg, Wedekind) vorweg. Durch die geschichtl. Dichtung seiner Dramen (von ihm auch theoretisch formuliert), die den Untergang des Helden zur Bedingung der Überwindung einer unheilvollen und des Aufstiegs einer neuen Geschichtsepoche machen, suchte H. der trag. Notwendigkeit einen überindividuellen Gehalt zugeben. Doch ist in seiner Tragik ohne Versöhnung selbst der Aufstieg in den Widerspruch alles Seienden hineingezogen. Semantisch schwere, grüblerische Gedichte, Erz. und ein Tagebuch (1855-57) von hohem Rang, in dem sich Erfahrungen seines Lebens und Reflexionen zur Kunst niederschlugen.

Hebbel, Schauspiele: Judith (1840); Oenone (1843); Maria Magdalena (Bürgerliches Trauerspiel, 1844); Herodes und Mariamne (1849); Agnes Bernauer (1852); Gyges und sein Ring (1856); Die Nibelungen (Trilogie, 1861). Auch Komödien, Dramenfragmente. - *Hebbel'sche* Mutter und Kind (1859). - Gedichte, Erzählungen, Aufsätze, Tagebücher.

Hebe, die grch. Göttin der Jugend, Tochter des Zeus und der Leto, Mundschenkkin der Götter, Gemahlin des Herakles; von den Muses der Iuventas gleichgesetzt.

Hebebaum, Stange zum Anheben von Lasten durch Hebelwirkung.

Hebebühne, Plattform o. s. Einrichtung zum Anheben von Lasten, z. B. Kraftwagen, oder als heb- und senkbare Arbeitsbühne.

Hebel, chinesis. Prov. - Hopch.

Hebel der, -s/-, 1) um eine feststehende Achse drehbarer starrer Körper, oft in Form einer geraden oder gewinkelten (Winkelhebel) Stange. Am H. herrscht Gleichgewicht, wenn das Drehmoment aller an ihm angreifenden Kräfte (Kräfte und Lasten) gleich Null ist (Hebelgesetz). Für den einfachen geraden H., an dessen einem Ende eine Kraft angreift und dessen anderes Ende eine Last trägt, gilt dann die Gleichung: Kraft \times Kraftarm = Last \times Lastarm; dabei sind Kraftarm und Lastarm die Entfernungen der Angriffspunkte von Kraft und Last von der Drehachse. Beim einarmigen H. greifen Kräfte und Lasten am gleichen Hebelarm an, beim zweiar-

migen Hebel an je einem Arm. Der H. gehört zu den ältesten einfachen Maschinen; mit ihm lassen sich mit kleinem Kraftaufwand und großem Hebelarm große Kräfte an einem entsprechend kleinen Arm erzeugen (Hebebaum, Schere, Zange und dgl.). Bild S. 534. 2) % im Budo Form des Angriffs auf ein Gelenk, bes. ein Armgelenk des Gegners (Armhebel); im Judo nur am Ellbogengelenk erlaubt.

Hebel, Johann Peter, Dichter, * Basel 10. 5. 1760, † Schwerdtfeger 22. 9. 1826, seit 1791 Lehrer am Gymnasium in Karlsruhe, 1808-14 Direktor, 1819 Prälat (der bad. Landeskirche). Aus dem Heimweh nach dem ländl. Südbaden entstanden die mundartl. Alemannischen Gedichte (1803), bildkräftig, mit heiter-ernsten Szenen und Betrachtungen. Die Kurzerzählungen, als »Kalendergeschichten« im »Rheinland. Hausfreund« erschienen, den H. 1808-13 und später herausgab, erwarben sich große Volks-tümlichkeit. Eine Reihe seiner bekanntesten Beiträge faßte er im »Schatzkästlein des rhein. Hausfreundes« (1811) zusammen.

heben [*ahd. hewen*], *ich hebe* (*hob*, *h*, *hub*, habe gehoben), 1) *ihn*, *es*, *bewege*, bringe in die Höhe (und setze an anderer Stelle nieder): *der Kran hebt 5000 Kilo auf 6 m Höhe*; *er hob die Hand zum Schwur*, 2) *es*, *U. heigere*, bringe zur Entfaltung, Wirkung: *das hebt sein Ansehen*, 3) *Schätze*, fördere zutage, 4) *ein Haus*, richte, führe hoch, 5) *einen U. linke*, 6) *es, alemann.*, halte es, 7) *es hebt sich*, steigt: *der Wasserspiegel hebt sich*, 8) *es hebt sich*, U. belebt sich, beginnt aufzublühen (Handel, Verkehr), 9) (habe gehoben) *es*, *schweizer.*, greife, halte fest, *ich hebe ab*, 1) *es*, lüfte, nehme weg, 2) *Geld*, lasse mir von meinem Guthaben auszahlen, 3) Kartenspiel: teile als rechter Nebenmann des Gebenden die Karten in zwei oder mehr Häufchen und setze sie anders zusammen, 4) Siricken: nehme eine Masche ohne abzustricken herüber, 5) *mich von ihm*, unter-schneide mich sehr: *die Farben heben sich gut voneinander ab*, 6) *ein Flugzeug hebt ab*, löst sich beim Start vom Boden, *ich hebe an*, 1) *es*, bringe ein Stück in die Höhe, 2) *etwas zu tun*, mit etwas, *Beginne: er hob an zu reden*, *ich hebe auf*, 1) *es, ihn*, bringe in die Höhe: *er hob mir meine heruntergefallene Brille auf*, 2) *es*, beende: *er hob die Sitzung, die Tafel auf*, 3) *es*, streiche, erkläre für nichtig: *die Verfügung wurde aufgehoben*, 4) *es*, bewahre auf: *den Versicherungsschein mußt du gut aufheben*, 5) *32 Räume auf*, 6) *es heben sich oder einander auf*, eins hebt das andere auf, eins zerstört die Wirkung des anderen: + 2 und - 2 *heben sich auf*, ergeben 0, *ich hebe aus*, 1) *es*, grabe aus (Gräben), 2) *ihn*, *h*, wähle zum Heeresdienst aus, 3) *es*, hebe aus den Angeln (Tür, Fenster), 4) *ihn*, mache unschädlich, verhafte: *die Polizei hat das Verbrechertum aufgehoben*, *ich hebe es ein*, 1) *hebe in die Angeln* (Tür, Fenster), 2) *asien.*, erhebe, lasse zahlen (Steuern), *ich hebe es hervor*, Überborte, unterstreiche: *in der Rede wurde hervorgehoben*, daß...

Hebephrenie [*zu - Hebe*] die, - Form der - Schizophrenie. **Heber der**, -s/-, Gerät zum Heben von Flüssigkeiten aus offenen Gefäßen durch den Luftdruck. Der Stechheber wird durch Ansaugen der Flüssigkeit, z. B. mit einem Gummiballon gefüllt. Der Saug- oder Schenkelheber wird mit Flüssigkeit gefüllt und mit dem kurzen Ende in das Gefäß getaucht; dann fließt so lange Flüssigkeit heraus, wie die Ausflußöffnung tiefer liegt als der Flüssigkeitsspiegel im Gefäß. Der Gift-H. ist eine Sonderform des Saug-H. mit Hahn und besonderem Saugrohr. (Bild S. 532)

Heberer, Gerhard, Zoologe, Anthropologe, * Halle 20. 3. 1901, † Göttingen 13. 4. 1973, arbeitete über allg. Entwicklungsforschung, bes. Abstammungsgeschichte des Menschen. Hg.: Die Evolution der Organismen (1943).

Hebesatz, von den Gemeinden jährlich festzulegender Prozentsatz bei der Grund- und Gewerbesteuer, mit dem der Steuer-messbetrag zu vervielfältigen ist, um die Höhe der Steuerschuld zu berechnen.

Hebeltür, zur Vermeidung von Luftzug unten mit einer konischen Nut versehene Tür, die auf entsprechend geformter Schwelle aufsteht. Durch Hebelvorrichtung wird sie beim Öffnen in den Angeln gehoben.

Hebewerk, - Schiffshebewerk.

Hebezeuge Pl., Sammelbezeichnung für Aufzug, Flaschenzug, Kran, Winde.

Hebr., Abk. für Hebraerbrief (N. T.).

Hebra, Ferdinand Ritter von, Dermatologe, * Brünn 7. 9. 1816, † Wien 5. 8. 1880, Schöpfer der modernen, auf die patholog. Anatomie gestützten Lehre von den Hautkrankheiten.

Hebräer, Ebräer, grch. *hebraios*, lat. *hebraeus* [hebr. 'ibri, 'iwri], im A. T. häufige Eigenbez. für Angehörige israelit. Stämme; daher auch Bez. ihrer Sprache als hebräisch (altjüdisch); in mehreren Sprachen Synonym für Juden.

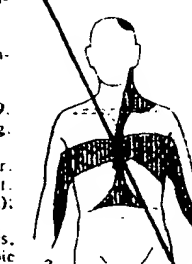
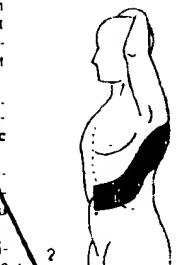
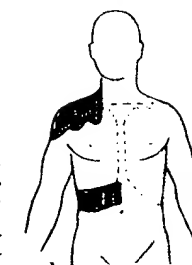
Hebräerbrief, theolog. Schrift des N. T. in Form eines Briefes, in der kirchl. Tradition Paulus zugeschrieben. Grundgedanke: Die



Friedrich Hebel
(aus einem Gemälde von K. Rahl)



Johann Peter Hebel



Headsche Zonen

Headsche Zonen: 1 kurz nach einem Gallensteinanfall; 2 bei Entzündung der Bauchspeicheldrüse; 3 bei Herz-anfällen (Abb. 3 nach Hochrein/Schleicher: Herz-Kreislaufkrankungen)

TRANSLATION INTO ENGLISH:

Heat Pipes [hit paips, engl.] *PI*, Wärmerore, device for the heat transport. Already at low temperature differences across the ends of H.P., the relative high heat quantity is conducted. H.P. are the partially evacuated metal pipes, which inside walls are coated with a porous layer with capillary structure. At the more warm end of this pipe a liquid vaporizes and takes therewith the evaporation heat. At the more cool end it condenses and gives the evaporation heat back. The condensate runs back again to the more warm end of the pipe through the capillary layer because of the capillarity effect.

In diesem Buch werden, wie in allgemeinen Nachschlagewerken üblich, etwa bestehende Patente, Gebrauchsmuster oder Warenzeichen nicht erwähnt. Wenn ein solcher Hinweis fehlt, heißt das also nicht, daß eine Ware oder ein Warenname frei ist.

Das Wort BROCKHAUS ist für Bücher aller Art für die F. A. Brockhaus GmbH als Warenzeichen geschützt.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

[Vorauslexikon zur Brockhaus-Enzyklopädie,
neunzehnte Auflage]

Vorauslexikon in fünf Bänden zur Brockhaus-Enzyklopädie, neunzehnte Auflage. - Mannheim: Brockhaus

ISBN 3-7653-0857-9

NE: Brockhaus-Enzyklopädie

2. EI - I. - 1986.

ISBN 3-7653-0859-5

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© F. A. Brockhaus GmbH, Mannheim 1986 - V. Nr. M 4

- ISBN für das Gesamtwerk: 3-7653-0857-9

für Band 2: 3-7653-0859-5

Satz: Satzzentrum Oldenburg GmbH, Oldenburg (Oldb)

Druck und Bindung: Neue Stalling GmbH,

Oldenburg (Oldb)

Printed in Germany

ENCLOSURE 2

Leistungsleistung entspricht einem Teil des Gesamt-Wärmebedarfs. Hierdurch arbeitet sie weit häufiger in der Nähe des Auslegungspunktes mit gutem Wirkungsgrad als im ungünstigeren Teillastbereich. Man unterscheidet zwischen bivalent alternativer Betriebsweise, bei welcher der Wärmebedarf ab dem Dimensionierungspunkt durch die Zusatzheizung allein gedeckt wird (Bild, Fläche 1+2) und der bivalent parallelen → Betriebsart, bei welcher die Wärmepumpe auch bei niedrigsten Außentemperaturen weiterarbeitet (Fläche 2+3) und von der Zusatzheizung (Fläche 1) unterstützt wird. Knoche

Wärmepumpe, verbrennungsmotorisch betriebene → Wärmepumpe

Wärmequelle. Energiereservoir für Niedertemperaturwärme. → Wirtschaftlichkeit, Aufbau und Betriebsweise einer → Wärmepumpe hängen weitgehend von der vorhandenen W. ab.

Natürliche W. haben alle einen jahreszeitlich veränderlichen Gang der Temperatur, der z. B. beim Grundwasser als W. weit weniger ausgeprägt ist als z. B. bei der Luft.

Bei der Erschließung von W. sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

Die benötigte Wärmemenge soll zu jeder Zeit in ausreichender Menge zur Verfügung stehen;

die Temperatur der W. soll möglichst hoch sein, damit die Temperaturdifferenz zwischen Nutzwärme und W. klein ist und so eine hohe → Heizzahl der Wärmepumpe erreicht wird;

die Erschließungskosten der W. sollen gering sein;

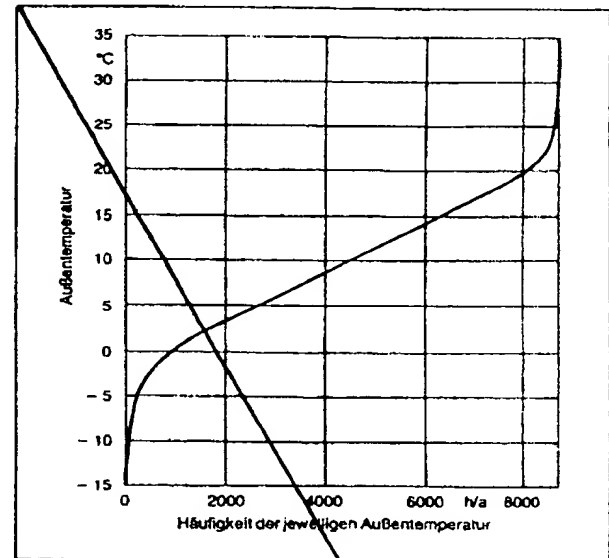
der → Energieaufwand für Pumpen und Ventilationen soll gering sein.

Im Bereich der Hausheizung sind folgende Wärmequellen geeignet:

Luft: Die normale Atmosphäre ist überall und immer verfügbar und stellt ein fast unerschöpfliches Wärmereservoir dar, allerdings bei sehr unterschiedlichen Temperaturen. Für die Bemessung einer Wärmepumpe mit der W. Luft ist deshalb der jahreszeitliche Verlauf der Lufttemperaturen von ausschlaggebender Bedeutung. Eine typische Kurve der Temperaturhäufigkeit zeigt, daß die Temperatur nur etwa während 200 h/Jahr unter -5°C und nur etwa während 900 h/Jahr unter 0°C liegen (Bild).

Wasser: Wasser ist wegen seiner guten Wärmeübertragungseigenschaft und hohen Wärmekapazität eine ideale Wärmequelle. Für Wärmepumpen wird – falls verfügbar – → Grundwasser oder Oberflächenwasser (Flüsse und Seen) verwendet. Grundwasser hat eine fast gleichmäßige Temperatur von $+10^{\circ}\text{C}$. Damit ergeben sich für den Heizbetrieb günstige Heizzahlen.

Erdboden: Der Erdboden besitzt ein großes Speichervermögen für die aufgenommene Sonnen-



Wärmequelle: Jahreshäufigkeit der Außentemperaturen am Beispiel der Stadt Mannheim. (Quelle: Trenkowitz: Die Wärmepumpe. Im VDI-Bericht 136. Düsseldorf: VDI-Verlag 1969)

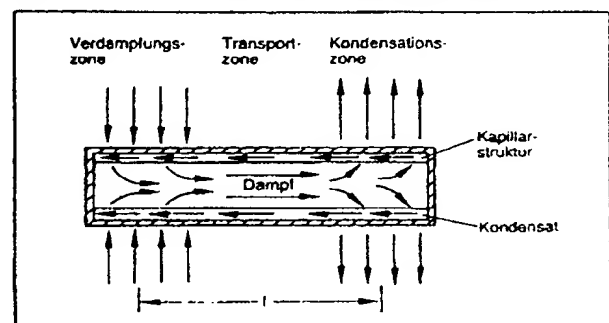
wärme und hat ab Tiefen von 1,5 m eine praktisch konstante Temperatur von rd. $+10^{\circ}\text{C}$. Aus wirtschaftlichen Gründen werden für kleinere Anlagen Rohrschlangen für den Wärmetausch nicht tiefer als 0,80–1,50 m verlegt, wobei der Verlegeabstand ≥ 1 m betragen soll.

Aus Sicherheitsgründen wird als Wärmeträger ein → Frostschutzmittel verwendet. Aus industriellen und gewerblichen Abwässern kann oftmals mit verhältnismäßig wenig Aufwand → Abwärme zurückgewonnen werden.

Knoche

Wärmerohr (Heat Pipe). Ein W. (engl. heat pipe) ist eine Apparatur mit sehr hohen effektiven Wärmetransporteigenschaften, die durch die Kombination von → Verdampfung und → Kondensation in einem geschlossenen Gefäß erreicht werden.

Den Aufbau und die Funktion eines W. zeigt Bild 1. Das W. weist eine Verdampfungszone, eine



Wärmerohr I: Schematische Darstellung.

Nutz
eizzahl

0,80–1,50 m verlegt, wobei der Verlegeabstand ≥ 1 m betragen soll.

gering

Aus Sicherheitsgründen wird als Wärmeträger ein \rightarrow Frostschutzmittel verwendet. Aus industriellen und gewerblichen Abwässern kann oftmals mit verhältnismäßig wenig Aufwand \rightarrow Abwärme zurückgewonnen werden.

Knoche

ventila

lgende

Wärmerohr (Heat Pipe). Ein W. (*engl.* heat pipe) ist eine Apparatur mit sehr hohen effektiven Wärmetransporteigenschaften, die durch die Kombination von \rightarrow Verdampfung und \rightarrow Kondensation in einem geschlossenen Gefäß erreicht werden.

all und
ffliches

unter

essung

alb der

en von

Kurve

peratur

und nur

Bild).

Wärme

kapazi

umpen

Ober

Grund

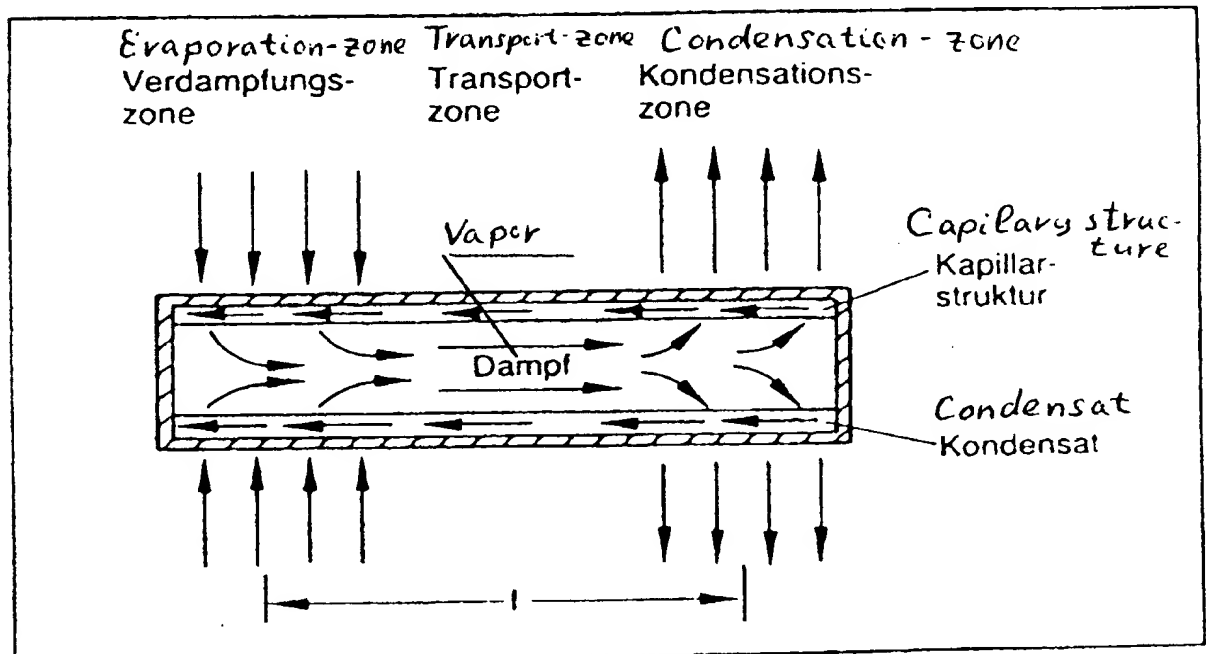
tur von

betrieben

s Spei

onnen

Den Aufbau und die Funktion eines W. zeigt Bild 1. Das W. weist eine *Verdampfungszone*, eine



Wärmerohr 1: Schematische Darstellung.
Heat pipe 1: Schematic representation

Wärmerohr

Heizzone und eine Kondensationszone auf. Im Bereich der Verdampfungs- oder Heizzone wird dem evakuierten W. Wärme zugeführt. Dabei verdampft der in seinem Inneren befindliche Wärmeträger und strömt mit großer Geschwindigkeit über die Transportzone der Kondensations- oder Kühlzone zu. Hier findet die Wärmeabgabe an das umgebende Medium statt. Das → Kondensat fließt schließlich über eine Kapillarstruktur wieder in die Verdampfungszone zu. Als Kapillaren kommen feingewebte oder Rillen bzw. Vertiefungen in der Wand des Tragstruktur zum Einsatz. Bei der Auswahl der Materialien spielen Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit eine entscheidende Rolle.

Eine typische Eigenschaft des Wärmerohres ist seine hohe Wärmeübertragungsleistung. Vergleicht man das W. mit einem homogenen Metallstab, so ist die scheinbare Wärmeleitfähigkeit bis zu 1000-fach so hoch wie die eines guten metallischen Leiters. Deshalb werden W. dort eingesetzt, wo Aggregate mit hohen Wärmestromdichten gekühlt werden müssen. Die geringen Temperaturunterschiede zwischen der Verdampfungs- und Kondensationszone ermöglichen den Ausgleich auch kleiner Temperaturdifferenzen. Damit können z. B. Wärmespannungen innerhalb von Bauteilen vermieden werden. Dem kontinuierlichen Betrieb eines W. sind dann Grenzen gesetzt, wenn der notwendige Druckabfall die Kapillardruckdifferenz übersteigt, die kritische Wärmestromdichte an der Heizzone erreicht wird oder wenn die Schallgeschwindigkeit des Dampfes auftritt (Bild 2). Störungsfreier Betrieb eines W. ist möglich bei waagerechter bzw. geneigter Lage, wenn sich die Kondensationszone oberhalb der Heizzone befindet und so eine Addition von Kapillar- und Schwerkraft vorliegt. Um Anlaufschwierigkeiten zu vermeiden sollte eine leichte Neigung des Elementes vorhanden sein. Trocknet das Wärmerohr in der

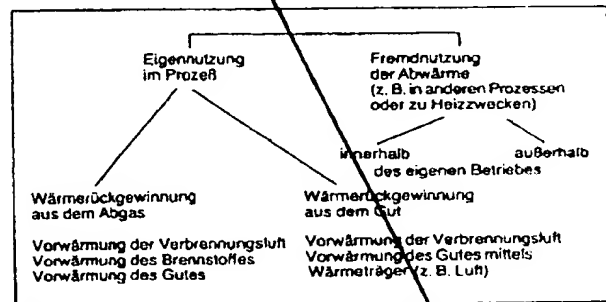
Heizzone aus, kann dies bei aufgeprägter Wärmestromdichte zur Zerstörung führen (burn out).

W. Köhler

Literatur: Asselmann, G. A. A. u. D. B. Green: Das Wärmerohr – I. Arbeitsweise und Eigenschaften. Philips techn. Rundschau 33 (1973/74) Nr. 4, S. 108–117. – Couer, T. P.: Theory of Heat Pipes. Los Alamos, N. M., USA: Los Alamos Sci. Lab. Rep. LA-3246-MS 1965. – Dunn, P. u. D. A. Reay: Heat Pipes. Third Edition. Pergamon Press 1982. – Moritz, K. u. R. Pruschek: Grenzen des Energietransportes in Wärmerohren. Chemie-Ing.-Technik 41 (1969) Nr. 1 u. 2, S. 30–37. – Reay, D. A.: Advances in Heat Pipe Technology. Pergamon Press 1982. – Zimmermann, P. u. R. Pruschek: Grundlagen und industrielle Anwendung von Wärmerohren. Dechema-Monographien Bd. 65, Nr. 1168–1192, S. 67–84.

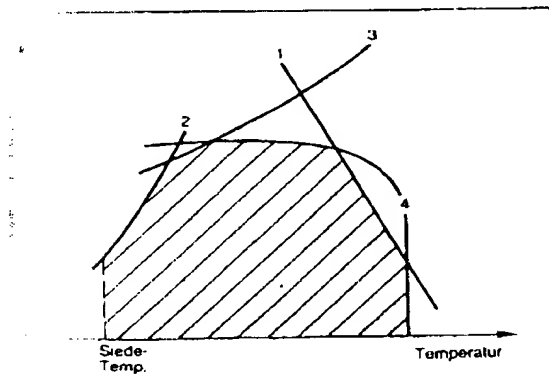
Wärmerückgewinnung.

Industrieöfen. Die verschiedenen Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung in Ofenprozessen werden im Bild veranschaulicht. Zunächst ist zwischen der Eigennutzung der → Abwärme im Prozeß selbst und der Fremdnutzung in anderen Prozessen zu unterscheiden. Die Eigennutzung der Abwärme ist jedoch immer vorzuziehen, da nur so der → Primärenergieverbrauch des betreffenden Prozesses vermindert werden kann. Eine solche Energierückführung setzt allerdings häufig wesentliche Änderungen der Prozeßführung voraus. Für die Fremdnutzung stehen geeignete Wärmeverbraucher im eigenen Betrieb nur selten in erforderlichem Umfang zur Verfügung oder können außerhalb meist aus wirtschaftlichen Gründen nicht gefunden werden. Bei der Eigennutzung von Abwärme kann man zwischen der Wärmerückgewinnung aus dem → Abgas und der aus dem Gut unterscheiden (Bild).



Wärmerückgewinnung, Industrieöfen: Möglichkeiten der W. in Ofenprozessen.

Bei der erstgenannten Gruppe handelt es sich um eine Wärmerückgewinnung durch Vorwärmung der Verbrennungsluft bzw. manchmal auch des Brennstoffes sowie um eine Nutzung der Abwärme durch Vorwärmung des Gutes. Zur zweiten Gruppe zählen hingegen Prozesse, bei denen die Verbrennungsluft unter Nutzung der Kühlwärme vorgewärmt oder bei denen die Abwärme aus dem Kühlprozeß mit Hilfe von meist gasförmigen Wärmeträgern zur Vorwärmung des Gutes verwendet wird. Die Nutzung von



Wärmerohr 2: Einengung des Arbeitsbereiches durch die Bedingungen.

1 Grenze durch Wärmestromdichte, 2 Grenze durch Schallgeschwindigkeit, 3 Grenze durch Scherwirkung zwischen Dampf- und Flüssigkeitsströmung, 4 Grenze durch Kapillarkraft

Deutsche Bibliothek — CIP-Einheitsaufnahme

Schaefer, Helmut:

VDI Lexikon Energietechnik / hrsg. von Helmut Schaefer.

Düsseldorf: VDI-Verl., 1994

ISBN 3-18-400892-4

REF. INST.

Hrsg. v. Siegfried Binder unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Heinz Gerlach

Grafische Darstellungen: Peter Lübke, Wachenheim

Gesamtherstellung: Bonner Universitäts-Buchdruckerei

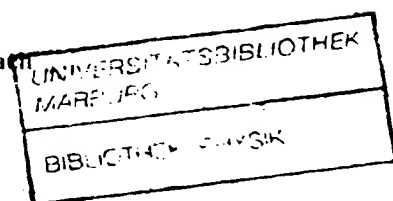
VDI Verlag GmbH, Düsseldorf 1994

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen photomechanischen Wiedergabe (Photokopie, Mikrokopie) und das der Übersetzung, vorbehalten.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Printed in Germany

ISBN 3-18-400892-4



VDI-Lexikon Energietechnik

Herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing.
Dr.-Ing. E. h. Helmut Schaefer VDI

Vereinnehm
Bücher-Zeitschr.-Verzeichnis
Nr. 1994/1273-N
27. Okt. 1994
BIBLIOTHEK PHYSIK
der Philipps-Universität Marburg

G. d. x
Bibliothekangestellte BAT Vb
DN 235,60

VDI VERLAG

1994/1273-N

ENCLOSURE 3

Russian edition of US reference book :

[Справочник по теплообменникам в двух томах, т. 2, Москва, Энергоатомиздат, 1987.]

This reference book is a translation from English of the book:

[Heat Exchanger Design Handbook, 1983, Hemisphere Publishing Corporation.]

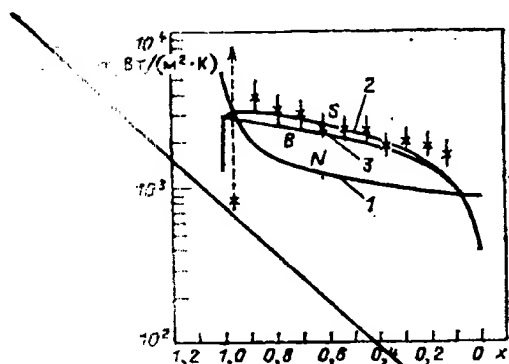


Рис. 1. Коэффициент теплоотдачи при конденсации азота в зависимости от массовой доли пара (давление 3,37 кПа, массовый поток 68,3 кг/м²·с, тепловой поток 8,26 кВт/м²):
х — результаты измерения; — — результаты расчета

рами. В этой модели также учитывается влияние трения на границе раздела фаз.

Расхождение результатов коэффициентов теплопередачи и экспериментальных данных не превышает 20%.

В [39] приведены результаты измерения коэффициентов теплоотдачи при испарении азота [39] и теплоносителя R-11 [40] с поверхности со смещенными ребрами, имеющей 591 ребро на 1 м. На рис. 2 представлена экспериментальная зависимость коэффициентов теплоотдачи от числа Рейнольдса ($Re_L = D_h G / \eta_L$) и паросодержания в качестве параметра. Авторы работы пришли к выводу, что при эксперименте отсутствовало пузырьковое кипение и

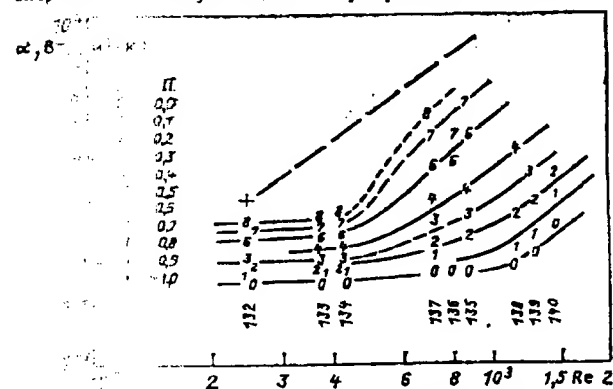


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи при кипении от числа Рейнольдса ($D_h G / \eta_L$) для теплоносителя R-11

Раздел 3.10

ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ

Чизхолм

3.10.1 Введение

Тепловые трубы (рис. 1, а) представляют собой замкнутую систему, в которой теплота передается посредством кипения жидкости в одной точке и конденсации в другой.

теплота передавалась преимущественно конвекцией. При $800 < Re_L < 1600$ коэффициенты теплоотдачи не зависели от Re . Выше значений Re_L , соответствующих переходной области, коэффициенты теплоотдачи были пропорциональны $Re_L^{0.8}$. Из экспериментальных данных также следует, что интервалы Re_L , соответствующих переходной области, при кипении азота и теплоносителя R-11 совпадают.

В [38] приведены результаты исследования испарения аммиака на поверхности со смещенными ребрами. Авторы предположили, что их аналитическая модель конденсации применима также к испарению тонкой жидкой пленки. Расхождение результатов расчета по этой модели коэффициентов теплопередачи и экспериментальных данных не превышает 5%. Поскольку в этой модели не учитывается возможность срыва пленки жидкости, возможность ее применения ограничена критическими значениями Re , при которых наступит этот срыв. Авторы считают, что критическое значение $Re \approx 1000$. Результаты расчетов на этой модели не очень хорошо совпадают с экспериментальными данными, приведенными в [39].

Принятые обозначения

a — толщина пластины, меньшая сторона сечения канала прямоугольной формы; A — общая площадь теплообменной поверхности по одной стороне; A_c — минимальная площадь проходного сечения свободного потока в теплообменнике; A_f — общая площадь поверхности ребер; A_{fr} — площадь фронтального сечения теплообменника; b — расстояние между пластинами, большая сторона сечения канала прямоугольной формы; C — произведение расхода на теплоемкость (водяной эквивалент); C_c , C_h — водяной эквивалент по горячей и холодной стороне, соответственно; C_{min} , C_{max} — минимальное и максимальное значение из C_c и C_h соответственно; G — массовая скорость потока; L — общая длина потока в теплообменнике, длина ребра для поверхности со смещенными ребрами; $m = \sqrt{2a/b}$ — параметр эффективности ребра; s — расстояние между центрами стержневых ребер; α^* — отношение b/a для прямоугольного канала; β — отношение общей теплообменной поверхности по одной стороне к объему между пластинами по этой же стороне; γ — отношение общей теплообменной поверхности к объему теплообменника; P — затраты мощности на прокачку, отнесенные к единице теплообменной поверхности; $R = (MC_p)_{min} / (MC_p)_{max}$; δ — толщина ребра; ϵ — эффективность теплообменника; η_f — эффективность ребра; σ — отношение площади проходного сечения свободного потока к площади фронтального сечения теплообменника A_c/A_{fr} .

Индексы

fd — стабилизированные значения параметров;
 m — средние значения; 1, 2 — горячая, холодная сторона, вход, выход.

Жидкость возвращается в зону кипения под действием капиллярных сил через пористую среду. Именно использование капиллярных сил является характерной особенностью тепловых труб.

С тепловыми трубами тесно связаны двухфазные тер-

§ 3.10.2 ЦИРКУЛЯЦИЯ И ПЕРЕДАЧА ТЕПЛОТЫ

105

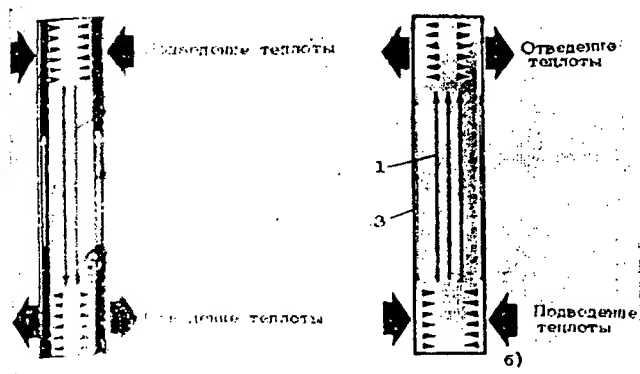


Рис. 3.10.2. а) — тепловая труба; б) — термосифон; 1 — капиллярная структура; 2 — конденсат, стекающий под действием силы тяжести

мощности, что и в обычных трубах. В тепловых трубах, в которых конденсат возвращается в зону испарения под действием гравитационных сил, а не капиллярных, конденсат должен быть расположен ниже зоны испарения, как и в обычных трубах. В тепловых трубах зона испарения может быть расположена произвольно по отношению к зоне конденсации. В тепловых трубах возможна даже передача тепла в направлении, противоположном направлению гравитации. Однако, что градиент давления в паре мал, градиент температур вдоль тепловых труб также могут быть незначительными. Это приводит к высоким значениям теплопроводности. Например, теплопроводность таких устройств может достигать в 1000 раз теплопроводности медного стержня того же размера. В тепловых трубах с литием рабочей жидкостью и при температуре 1500 °C значения температурных потоков составляли 1500 Вт/см². Тепловые трубы, в которых передача теплоты происходит в направлении, противоположном силам гравитации, могут иметь максимальную длину около 40 см. В литературе существуют пористые наполнители. В 1970 г. в журнале «Heat Transfer» была опубликована статья [1]. Когда автор этого раздела работал над книгой о тепловых трубах [2], в его распоряжении было 152 источника, из которых в настоящее время должно быть опубликовано 60. В литературе имеются еще две монографии [3, 4]. Тепловые трубы обладают также гибкостью, могут функционировать как тепловой диод и преобразователь теплового потока. Они находят широкое применение в различных отраслях техники (табл. 1).

3.10.2. Циркуляция и передача теплоты

В точках вдоль тепловой трубы перепад статического давления фаз на границе раздела паровой и жидкой фаз должен быть скомпенсирован локальной разностью давлений в капиллярах. Условия равновесия имеют вид

$$p_p - p_c = 2\sigma \cos \alpha / r_c \quad (1)$$

где p_p — давление пара, p_c — давление конденсата, σ — поверхностное натяжение, α — угол смачивания, r_c — радиус капилляра. Если поверхность раздела фаз имеет в системе капилляров изогнутую форму, то поверхность раздела фаз будет существовать в радиусе r_c . Это показано изменением давления, расхода и температуры фаз вдоль тепловой трубы. Максимальная

Таблица 1. Применение тепловых труб в различных отраслях науки и техники, в том числе в отдельных процессах и элементах оборудования

Сфера применения	Литература
Температурный режим батарей	[5]
Биология	[6, 7]
Тормозные системы	[8]
Газификация углей	[9, 10]
Охлаждение электронного оборудования	[12—14]
Криохирургия	[15]
Размораживание	[16—18]
Литейное производство	[19, 20]
Бытовые приборы	[21]
Сушка	[22]
Электродвигатели	[23, 24]
Хранение энергии и конверсия	[25—28]
Сушка волокон	[29]
Пищевая промышленность	[11, 31]
Подготовка топлива	[32, 33]
Газовые турбины	[34, 35]
Использование теплоты Земли	[36]
Производство стекла	[37, 38]
Восстановление тепла	[22, 29]
Контрольно-измерительные приборы	[40]
Лазеры	[41]
Ядерная энергетика:	
реакторы	[42—45]
экспериментальные исследования	[46]
Производство стали	[37]
Печи	[48—50]
Стабилизация вечной мерзлоты	[51—53]
Плазменная резка	[51]
Рекуператоры	[55—56]
Охлаждение ракетных двигателей	[57]
Космическая техника	[58—60]
Машины Стирлинга	[30, 61]
Солнечные коллекторы	[62—65]
Термическое бурение	[66]
Термомониторинг	[67]
Различное оборудование, применяемое в тропических условиях	[68]
Кондиционирование воздуха и вентиляция	[22, 69]
Использование тепловых отходов	[70—72]

циркуляция возникнет, когда отсутствует разность между давлениями фаз в одной точке (в иллюстрируемом случае эта точка соответствует концу зоны конденсации), тогда как в испарителе существует граница раздела фаз в сечении, в котором радиус капилляров наименьший. Тогда разность давлений в капиллярах вдоль длины тепловой трубы

$$\Delta p_0 = 2\sigma \cos \alpha / r_0 \quad (2)$$

Если разность давлений в капиллярах не равна нулю, в конце зоны конденсации трубы, разность давлений, создаваемая капиллярными силами,

$$\Delta p_0 = 2\sigma \left(\frac{\cos \alpha_0}{r_0} - \frac{\cos \alpha_c}{r_c} \right) \quad (3)$$

Капиллярная разность давлений в стационарном состоянии уравновешивается трением, изменением количества движения и гравитационной разностью давлений в фазах. Это можно выразить в виде

$$-\Delta p_0 = \Delta p_p + \Delta p_t \quad (4)$$

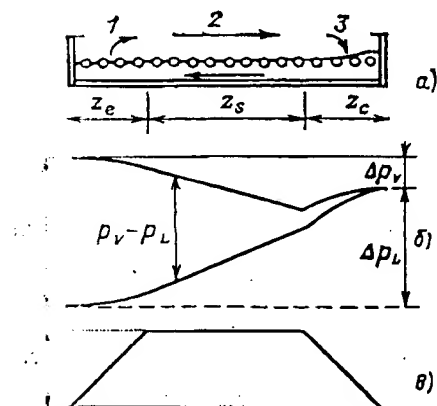


Рис. 1. Изменение уровня поверхности раздела (а), статического давления пара и жидкости (б) и жидкости (в) по длине тепловой трубы: 1 — испаритель; 2 — участок транспорта жидкости; 3 — конденсатор

при этом означает увеличение давления в направлении потока пара (по всей длине тепловой трубы, если не оговорено иное).

Изменение статического давления в жидкости может быть охарактеризовано как

$$\Delta p_L = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{г}} \quad (5)$$

где $\Delta p_{\text{тр}}$ — потеря давления, обусловленная изменением импульса, которое можно считать малым для жидкостей. Разность давления, вызванная трением при капиллярном течении в пористой среде, может быть выражена в виде

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{4 \eta L Z_{\text{eff}}}{r_0 K A} \quad (6)$$

где r_0 — радиус малых размеров пор в наполнителях течения, η — динамическая вязкость, L — длина, Z_{eff} — эффективная длина, что позволяет учесть влияние скорости на участках испарения и конденсации (рис. 1). Если предположить, что скорости испарения и конденсации на соответствующих участках одинаковы, можно показать, что

$$Z_{\text{eff}} = \frac{1}{2} (Z_1 + Z_c) \quad (7)$$

где Z_1 — длина участка испарения, Z_c — длина участка конденсации.

Изменение давления вследствие действия гравитационных сил можно записать в виде

$$\Delta p_{\text{г}} = \rho g L Z \sin \theta \quad (8)$$

Угол θ изменяется от 0 до 180°, причем угол 180° соответствует вертикальной трубе, при котором испаритель находится над конденсатором и жидкость течет вверх.

Из (6) и (8) следует

$$\Delta p_L = \frac{4 \eta L Z_{\text{eff}}}{r_0 K A} - \rho g L Z \sin \theta \quad (9)$$

Если перепад давления в паре пренебрежимо мал, из (2) следует выражение для максимального расхода при данной геометрии

$$\dot{M} = \frac{\rho g L Z \sin \theta}{\frac{4 \eta L Z_{\text{eff}}}{r_0 K A} - \rho g L Z \sin \theta} \quad (10)$$

где \dot{M} — массовый расход жидкости по тепловой трубе

$$Q = \dot{M} h_{\text{ф}} \quad (11)$$

где $h_{\text{ф}}$ — энтальпия фазового перехода. При учете сил тяжести и при обычном предположении о наличии идеального смачивания ($\cos \alpha = 1$),

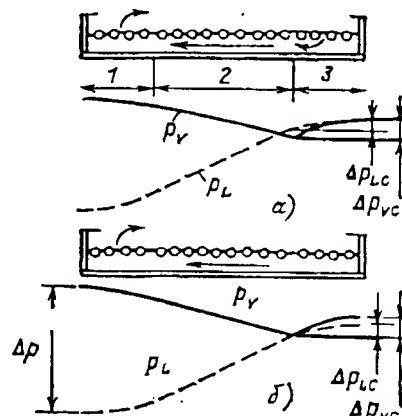


Рис. 2. Изменение статического давления и уровня поверхности раздела при $\Delta p_{\text{вс}} > -\Delta p_{\text{Лс}}$: а — неустойчивая ситуация при $\Delta p_{\text{вс}} > -\Delta p_{\text{Лс}}$; б — устойчивая ситуация при $\Delta p_{\text{вс}} > -\Delta p_{\text{Лс}}$; 1 — испаритель; 2 — участок транспорта жидкости; 3 — конденсатор

(11) с учетом (10) принимает вид

$$Q = 2 \frac{\rho g L \Delta h_{\text{ф}}}{\eta L} \frac{K A}{r_0 Z_{\text{eff}}} \quad (12)$$

Следует отметить, что первый множитель в правой части (12) характеризует только свойства жидкости, тогда как второй определяет свойства пористого наполнителя. Это удобно при выборе рабочей жидкости и наполнителя.

На практике капиллярная разность давления часто находится измерением так называемой высоты поднятия жидкости в капилляре (высоты, на которую поднимется жидкость в пористом наполнителе в поле тяжести и при отсутствии трения)

$$Z_r = \frac{\Delta p_{\text{с}}}{\rho g} \quad (13)$$

Используя (13), уравнение (10) можно записать в виде

$$Q = \frac{\rho g L \Delta h_{\text{ф}} K A Z_r}{\eta L Z_{\text{eff}}} \quad (14)$$

а (12) в виде

$$Q = \frac{\rho g L \Delta h_{\text{ф}} K A Z_r}{\eta L Z_{\text{eff}}} \quad (15)$$

На рис. 2 изображен случай, когда $\Delta p_{\text{Лс}} > -\Delta p_{\text{вс}}$, т. е. когда восстановление давления в направлении потока пара меньше, чем перепад давления в направлении потока жидкости.

Если $\Delta p_{\text{вс}} > -\Delta p_{\text{Лс}}$, граница раздела фаз и точка, в которой кривизна поверхности раздела фаз равна нулю, находятся в конце конденсатора, то распределение давления имеет вид, показанный на рис. 2, а. При входе пара в зону конденсации p_L больше, чем p_v , следовательно, в этой точке неизбежно возникла бы выпуклая поверхность, как показано на рис. 2, а. Этого не происходит при нормальных условиях смачивания поверхности, и возникает равновесное распределение давления (рис. 2, б). В этом случае капиллярная разность давлений уравновешивается перепадом давления на участках испарения и транспорта жидкости. При прочих равных условиях в таком случае циркуляция будет выше. В табл. 1 приведены ссылки на литературу, в которой эти вопросы рассмотрены более подробно.

§ 3.10.3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

107

Таблица 1. Литература по отдельным проблемам тепловых труб

Тема	Литература
Графики и общие вопросы	[2—4, 74, 75]
Конвекция и передача теплоты	[76]
Теплопроводность жидкостей паром	[77, 78]
Влияние капиллярных структур	[79, 88]
Граница раздела фаз	[81]
Насыщенные наполнители	[82]
Капиллярные потоки	[83]
Число Маха двухфазного потока	[84]
Удар	[85—88]
Влияние давления в паре	
Распределение температур и ради-	
альные тепловые потоки	[89, 90]
Конденсация	[91, 92]
Влияние	[93—95]
Влияющая теплопроводность на-	
полнителя	[84, 96—102]
Влияние	[103, 104]
Влияние равномерного нагрева	[105, 106]
Распределение температур	
Влияющая передача теплоты и	
влияние эксплуатации	[107—110]
Структурирование тепловых труб	[111—117]
Влияние пористости	[73, 87, 118—
и другие вопросы	120]
Максимальные ограничения	[121]
Рабочие состояния	[122—126]
Влияние эксплуатации	[127—129]
Влияющая	[117—130]
Влияние тепловых труб	[131—132]
Влияние рабочей жидкости	
Влияющие углы	[133]
и другие вопросы	[134—135]
Влияние температуры	[41, 136, 137]
Влияние температуры	[133]
Влияющие агенты	[138]
Влияющие наполнители	
и другие среды	[139, 140, 141—
	147]
Капиллярные силы	[148—149]
и другие вопросы	[150—153]
Влияние в тепловых трубах	[154—155]
Пористость	[156]
Пористость, прорези	[128—157]
Полное насыщение	[81]
Влияние на жидкому потоку	[81, 150, 158—
	160]
Двухфазные потоки в пористых	[25, 161—163]
трубах	
и другие вопросы запуска	[164—170]
и другие вопросы	
Влияющая температура	[5, 71, 171, 172]
и другие свойства	[173]
и другие свойства	[174, 175]
и другие свойства	[176, 177]
и другие свойства	[71, 109, 178—
и другие свойства	184]
и другие свойства	[185—186]
и другие свойства	[56, 185]
и другие свойства	[173, 187]
и другие свойства	
и другие свойства	[190—193]

Продолжение табл. 1

Тема	Литература
Керамические тепловые трубы	[194]
Соответствующие стенки	[195]
Совершенствование	[146, 196]
Взрыв	[197]
Гибкость	[154]
Перемещение газа	[198]
Общие вопросы	[135]
Высокие температуры	[41, 136, 137]
Срок эксплуатации	[10, 190, 199,
	200]
Низкие температуры	[133]
Изготовление	[201—204]
Выбор материала	[9, 27, 191, 205,
	206]
10. Смежные вопросы	
Теплообменники с тепловыми тру-	[22, 55, 56, 194,
бами	207—209]
Восстановление тепла	[35, 72]
Тепловые трубы с вспомога-	[212]
тельной подкачкой	
Жидкие ребра	[213]
Осмотические тепловые трубы	[214, 215]
Фотохимические тепловые трубы	[216]
Вращающиеся тепловые трубы	[131, 217, 219]
Термосифоны	[51, 185, 218,
	219, 211]

3.10.3. Распределение температуры и радиальный тепловой поток

На рис. 1 схематически показано изменение температуры жидкости в процессе циркуляции в тепловой трубе. Начиная с конца зоны конденсации и по направлению течения температура жидкости на поверхности уменьшается до тех пор, пока жидкость не достигнет выхода из конденсатора. На участке транспорта жидкости температура жидкости увеличивается в результате передачи теплоты от пара. В испарителе температура быстро возрастает при передаче теплоты через стенку, пока не достигнет значений, больших, чем температура пара. Так как давление жидкости в испарителе ниже, чем давление пара в результате действия капиллярных сил, температура насыщения жидкости ниже температуры насыщения пара. Таким образом, в испарителе жидкость находится при температуре выше ее температуры насыщения. Кипение подавляется

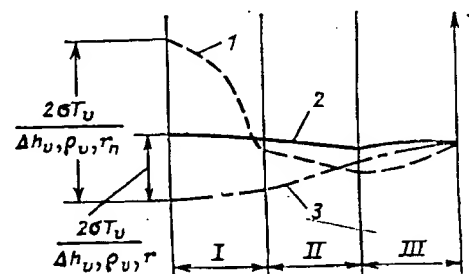


Рис. 1. Распределение температуры жидкости и пара: 1 — жидкость на поверхности стенки; 2 — пар; 3 — температура насыщения жидкости; I — испаритель; II — зона транспорта жидкости; III — конденсатор

Таблица 1. Эффективная теплопроводность наполнителей [1]

Структура наполнителя	λ_f , Вт/(м ² ·К)
Чередование жидкости и пористой среды	$\frac{\lambda_l \lambda_w}{\varepsilon \lambda_w + (1 - \varepsilon) \lambda_l}$
Жидкость в пористой среде, расположенной параллельно	$\varepsilon \lambda_l + (1 - \varepsilon) \lambda_w$
Свернутый экран	$\frac{\lambda_l [(\lambda_l + \lambda_w - (1 - \varepsilon)(\lambda_l - \lambda_w))]}{(\lambda_l + \lambda_w) + (1 - \varepsilon)(\lambda_l - \lambda_w)}$
Сферы в упаковке	$\frac{\lambda_l [(2\lambda_l + \lambda_w) - 2(1 - \varepsilon)(\lambda_l - \lambda_w)]}{(2\lambda_l + \lambda_w) + (1 - \varepsilon)(\lambda_l - \lambda_w)}$
Прямые пазы	$\frac{(\omega_f \lambda_l \lambda_w \delta + \omega \lambda_l) (0,185 \omega_f \lambda_w + \delta \lambda_l)}{(\omega + \omega_f) (0,185 \omega_f \lambda_f + \delta \lambda_l)}$

действием силы поверхностного натяжения на центры парообразования. При условии, что разность температур в наполнителе не больше чем

$$T_{wp} - T_w = \frac{2\sigma}{r_n} - \frac{2\sigma}{r_l} \quad (1)$$

После выхода пара из испарителя его температура падает по мере тракту потока, при этом уменьшаются давление и выделение теплоты к жидкости. Небольшая часть пара конденсируется при определенных условиях до поступления в конденсатор. В зоне конденсации может быть небольшое увеличение температуры, связанное с ростом давления пара. Так как изменение давления вдоль всего пути пара невелико, градиент температур в паровой фазе, как правило, также невелик в абсолютном выражении (менее 2 К).

Эффективная теплопроводность некоторых типов насыщенных жидкостей структур приведена в табл. 1. Радиальный паровой поток в испарителе определяется тогда из соотношения

$$q = \lambda_l (T_w - T_{wp}) \quad (2)$$

Аналогичное уравнение получается и для конденсатора, но с противоположным знаком. Из (1) и (2) следует, что значение максимального теплового потока, при котором не происходит кипения в капиллярной структуре, равно:

$$q = \frac{\lambda_l T_w}{\Delta h_{fg}} \left(\frac{2\sigma}{r_n} - \frac{2\sigma}{r_l} \right) \quad (3)$$

Для пористых структур это значение может быть пределом, поскольку жидкость частично проникает в пористую структуру и существенно уменьшает ее толщину. Это, однако, имеет отрицательную сторону — уменьшается площадь сечения для жидкости и ее циркуляция.

3.10.4. Ограничения мощности

Мощность, передаваемая тепловыми трубами, может быть ограничена по следующим соображениям: скорость пара не должна превышать звуковую или скорость кипения; необходимо избегать уноса жидкости паром (в противном случае в испарителе будет недостаток жидкости); в паровой фазе не должно быть кипения;

скорость циркуляции имеет предел для данной жидкости.

На рис. 1 схематически показано [108], как эти четыре ограничивающих фактора определяют область рабочих параметров тепловых труб данной конструкции. При низком давлении звуковая скорость может быть ограничивающим фактором, так как плотность пара невелика (область 1-2). В области 2-3 перенос теплоты ограничен уносом жидкости паром. В области 3-4 ограничения на мощность обусловлены капиллярными эффектами. В области 4-5 продольный перенос теплоты ограничен кипением внутри наполнителя. На практике рабочие параметры выбираются внутри области 3-4.

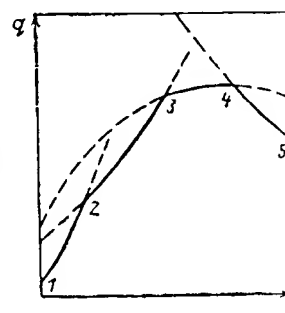


Рис. 1. Условия эксплуатации тепловых труб

3.10.5. Выбор рабочей жидкости

Рабочая жидкость должна иметь следующие свойства: высокое поверхностное натяжение для эффективного использования капилляров; хорошие характеристики смачивания по тем же соображениям; низкую вязкость; высокие значения теплоты фазового перехода; высокую теплопроводность для передачи теплоты от жидкости к наполнителю; температуры кипения и замерзания в пределах рабочих температур; высокую плотность; совместимость с наполнителем и стенками трубы в отношении коррозии; химическую стабильность. Уравнение (12), § 3.10.2, содержит комбинацию свойств, которая может быть определена как фактор пере-

Таблица 1. Рабочие жидкости и их характеристики

Интервал рабочих температур, °С	Рабочая жидкость	Свойства при атмосферном давлении		Материал для кожуха и наполнителя
		Температура кипения, °С	Фактор переноса (кВт/м ²) · 10 ⁻¹	
-200 ÷ -170	Азот	-196	0,9	Нержавеющая сталь
-70 ÷ +50	Аммиак	-33	10	Нержавеющая сталь, никель, алюминий
-60 ÷ +40	Фреон-12	-30	1	Нержавеющая сталь, медь
-30 ÷ +100	Метанол	65	5	Медь
10—200	Вода	100	50	Медь, никель
190—500	Ртуть	356	200	Нержавеющая сталь
400—800	Калий	760	50	То же
500—900	Натрий	883	200	»
900—1500	Литий	1330	800	Тантал, TZM

носа ж фактора Фактор

$$N = \frac{\sigma}{\rho_l}$$

где σ — вога пер кость. В боине ж свойств

Пе используя такие м талл и гомоген матери: капилл

На пиллярн трубы т со стен обеспеч нок и н налы и структу Премму умены которые сатору размер без суп В [196] с капи. которые труб.

Не тур по: ляется лют г ния в ют низ На тивлен

Рис. 1. а — го: лы и э: для к: капилл

3.10.5 ХАРАКТЕРИСТИКИ КАПИЛЛЯРНЫХ СТРУКТУР

109

жидкости [107], так как чем выше значение этого фактора, тем выше скорость циркуляции в тепловой трубе. Фактор переноса определяется как

$$F = \frac{\Delta h_p}{\eta} \quad (1)$$

где Δh_p — поверхностное натяжение; Δh_p — теплота фазового перехода на единицу объема; η — динамическая вязкость.

На рис. 1 приведены наиболее распространенные разновидности капиллярных структур, их факторы переноса и некоторые другие характеристики.

3.10.6 Характеристики капиллярных структур

Капиллярные структуры, которые используются в тепловых трубах, представляют собой различные материалы, как ткань, стекловолокно, пористый металл, проволока, сетка. Эти структуры будем считать капиллярами, чтобы отличать их от комбинаций различных материалов, которые будем называть композиционными структурами.

На рис. 1, а схематически показана гомогенная капиллярная структура. Фитиль прилегает к стенке тепловой трубы таким образом, чтобы обеспечить хороший контакт в зоне передачи теплоты. Хороший контакт обеспечивает удовлетворительную теплопередачу от стенки тепловой трубы. Используются также капилляры (рис. 1, б). Более усовершенствованную структуру представляют собой тонкие экраны (рис. 1, в). Принцип действия такой конструкции заключается в том, что экраны уносятся жидкостью, текущей в фитиле, паром, движущимся из испарителя тепловой трубы к конденсатору. Более важно, что экраны могут иметь поры малого диаметра, что позволяет увеличить капиллярный потенциал и уменьшить сопротивление в каналах. Приведены результаты испытаний тепловых труб с капиллярной структурой, изображенной на рис. 1, б, в, которые показали улучшение характеристик тепловых

труб. Другие конструкции капиллярных структур показаны на рис. 1, г — з. Структура на рис. 1, г является примером использования артерий, которые обеспечивают низкие сопротивления и перепады давления. Структуры на рис. 1, д — ж также имеют низкие сопротивления для течения жидкости.

На рис. 1, ж, з показаны или артерии с низким сопротивлением для потока примыкают к стенке, и их недостат-

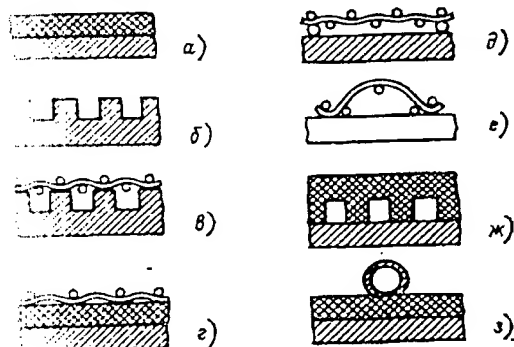


Рис. 1. Капиллярные структуры: а — гомогенная капиллярная структура; б — каналы; в — каналы; г — артерии; д — экран и кольцевой канал; е — гофрированный экран; ж — капиллярная структура с каналами; з — артерии

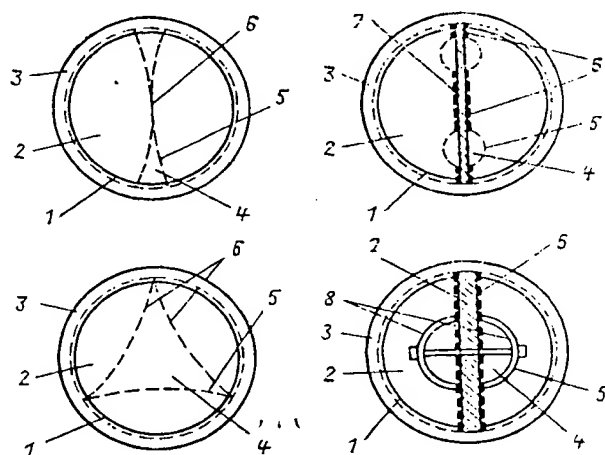


Рис. 2. Тепловые трубы с артериями [144].

1 — внутренняя поверхность стенки; 2 — паровая зона; 3 — капиллярная структура; 4 — артерия для жидкости; 5 — сетка; 6 — сетка; 7 — опора; 8 — разрезанная труба без капилляров

ком является то, что в них может возникнуть кипение. На рис. 2 представлено поперечное сечение некоторых капиллярных структур, для которых этой проблемы можно избежать [144].

На рис. 3 показаны другие формы артерий [142]. Как видно на этих рисунках, большое значение имеет то, что во всех точках артерии изолированы от пара. В этом случае действие капиллярных сил, конденсация пара; подъем давления в паровой зоне нагрева, вызванный паром, который сжимается в артерии и замещается жидкостью, при этом остаток пара удаляется с обогреваемой поверхностью.

В трубе, изображенной на рис. 3, давление в артерии будет ниже давления в паровой зоне. Устройство отверстий в поверхности артерии позволяет пару проникнуть в трубу

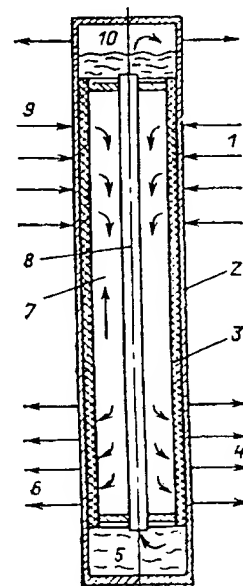


Рис. 3. Тепловая труба с коллектором и системой артерий: 1 — испаритель; 2 — стенка трубы; 3 — капиллярная структура; 4 — конденсатор; 5, 10 — коллекторы; 6, 9 — пластины коллектора; 7 — паровая зона; 8 — артерия

и образовать там двухфазную смесь. При работе против сил гравитации это добавит движущие силы естественной циркуляции к капиллярным силам [25, 161].

Принятые обозначения

S — площадь поперечного сечения капиллярной структуры, m^2 ; h_{ϕ} — теплота фазового перехода, Дж/кг; K — проницаемость, m^2 ; N — фактор перекоса, кВт/м²; Δp_{fr} — разность давлений, обусловленная трением в жидкости, Па; Δp_g — разность давлений, обусловленная гравитацией, Па; Δp_l — полная разность давлений в жидкости, Па; Δp_{lc} — полная разность давлений жидкости в конден-

саторе, Па; Δp_v — разность давлений в паре, Па; Δp_{vc} — полная разность давлений в конденсаторе; Δp_{sc} — разность давлений вследствие действия капиллярных сил, Па; r — радиус пор, м; r_l — радиус капилляров в испарителе, м; r_n — радиус центров парообразования, м; r_a — минимальный радиус капилляров, м; T_{np} — температура наполнителя на стенке трубы, К; T_{np0} — температура наполнителя на поверхности, контактирующей с паром, К; Z — длина тепловой трубы, м; Z_c — длина конденсатора, м; Z_i — длина испарителя, м; Z_{eff} — эффективная длина тепловой трубы, м; α — краевой угол смачивания; ϵ — пористость капиллярной структуры; λ — теплопроводность ребер, Вт/(м·К); λ_l — теплопроводность жидкости, Вт/м·К; λ_n — теплопроводность материала наполнителя, Вт/м·К.

Раздел 3.11

ТОПКИ И КАМЕРЫ СГОРАНИЯ

Труелав

3.11 Технологические нагреватели и паровые котлы

3.11.1 Технологические нагреватели. Нагреватели используются в нефтеперерабатывающей промышленности для подогрева нефтепродуктов и разделения на фракции термической перегонки и в высокотемпературных технологических процессах. Теплоноситель протекает по трубам внутри нагревателя, рабочие температуры в трубах могут достигать 900 °С, рабочие давления при температурах 450 °С — до 20 МПа. Мощность аппаратов находится в пределах от 3 до 100 МВт, хотя мощность очень больших преобразователей паров углеводородов может быть до 300 МВт. В этих нагревателях в качестве топлива используются исключительно нефть или газ.

Существует много различных конструкций технологических нагревателей [1, 2]. На рис. 1 изображена схема типичного технологического нагревателя. Он состоит из цилиндрической вертикальной камеры сгорания, внутри которой сгорает топливо. Стенки ее обычно изготавливаются из огнеупорного материала. В камере находятся теплопоглощающие трубы 3, расположенные вертикально вдоль стен, которые поглощают часть теплоты от факела продуктов сгорания до того, как они попадут на участок конвективного нагрева. В такой конструкции все трубы расположены эквидистантно по отношению к форсункам 1, что гарантирует равномерное распределение тепловыделения по периметру, хотя тепловой поток может значительно изменяться вдоль труб.

На радиационном участке теплота передается преимущественно излучением, тем не менее передача теплоты конвекцией может составлять до 10%. Тепловые потоки на поверхности труб на участке радиационного теплообмена составляют около 50 кВт/м². Трубы на участке конвективного нагрева устанавливаются в виде горизонтального пучка 5 над камерой сгорания, который передает теплоту от продуктов сгорания при более низкой температуре, чем вертикальным трубам на участке радиационного теплообмена. На участке конвективного теплообмена часто используются оребренные трубы или другие типы развитых поверхностей. Однако первые один или два ряда труб, которые являются экранирующими трубами, также получают существенное количество теплоты излучением. В качестве этих труб не используются трубы с развитыми поверхностями, поскольку в таком случае ухудшается теплообмен излучением. Конструкция технологического нагревателя, изображенного на рис. 1, обеспечивает экономичные и высокоэффективные характеристики установки. Их мощность, как правило, составляет 3—60 МВт.

Другой тип конструкции с горизонтальными трубами показан на рис. 2. Трубы 1 на участке теплообмена излучением устанавливаются горизонтально вдоль стен и под наклонной крышкой. На участке конвективного теплообмена устанавливаются трубы в виде горизонтального пучка 3 над камерой сгорания. Обычно в таких аппаратах форсунки 2 для сжигания топлива расположены на днище, но иногда их устанавливают на боковых стенках под трубами. Мощность таких нагревателей также изменяется от 3 до 60 МВт.

Третий тип конструкции представляет собой нагреватель с двумя форсунками (рис. 3). Трубы 1 на участке теплообмена излучением устанавливаются в один ряд и обогреваются с обеих сторон. Это позволяет достичь равномерного распределения тепловых потоков по периметру труб. В таких нагревателях форсунки 3 также устанавливаются

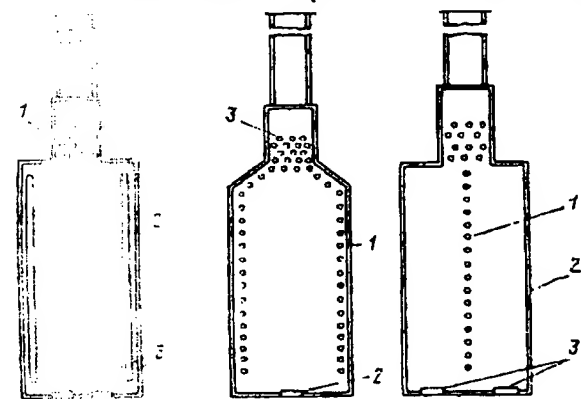


Рис. 1. Цилиндрический вертикальный нагреватель с конвективным теплообменом: 1 — форсунки; 2 — отражатели; 3 — форсунки

Рис. 2. Нагреватель с горизонтальными трубами: 1 — трубы; 2 — форсунки; 3 — конвективная секция

Рис. 3. Нагреватель с двумя форсунками: 1 — трубы; 2 — стенки-отражатели; 3 — форсунки

Рис.
1 —
мощь

дли
счет
ры
щих
лах

кот:

дени
дым
до 2
тори
мог
уста
испо
дым
рич.
лен
дук
сгор
чере
нак
тий
иск
из д
ходи
пере
в па
Мак
гут

мог
теп
на
и в
тем
топ
топ
уста
тека
вая
сун
стен
дес
дон
ная
лах